En México la sequía de 2005 causó pérdidas en 669 mil hectáreas de cultivos y por 779 millones de pesos. En 2006, en China afectó el 12% de su producción agrícola y a 18 millones de personas.

mermar sus poblaciones. Esta disminución ha ocurrido, en gran parte, porque el plancton del que se alimenta el bacalao se ha desplazado hacia el océano Ártico en busca de aguas más frías. Las poblaciones de plancton se han reducido 70% desde los años sesenta.

¿Cómo afecta el cambio climático a la biodiversidad?

La biodiversidad, que los científicos definen como la variabilidad que existe entre los organismos de una especie, entre especies y entre ecosistemas, tampoco ha sido ajena a los efectos del cambio climático. Conforme la temperatura, la precipitación y otras variables ambientales cambian, los científicos siguen documentado las consecuencias sobre muchas especies de plantas, animales y ecosistemas. Es así como el cambio climático se suma, junto con la deforestación, la sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación, entre otras actividades humanas, a la lista de factores que impulsan la más grave crisis que vive la biodiversidad desde la extinción de los dinosaurios hace 65 millones de años. La magnitud del problema es tal que el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático señala que de las especies que se han estudiado, alrededor del 50% ya se han visto afectadas por el cambio climático.

Los efectos del cambio climático sobre la vida del planeta son explicables si tenemos en cuenta que los organismos de todas las especies viven en condiciones ambientales particulares que, de modificarse significativamente, impiden su sobrevivencia y reproducción.

Ilustremos esto con un caso: las ranas de los bosques de niebla. Estos anfibios dependen de la alta humedad ambiental que existe en las áreas donde se encuentran estos ecosistemas para conseguir su reproducción, debido a que sus huevos se desarrollan sólo en sitios muy húmedos (Figura 17). Si esta humedad ambiental se reduce durante largos periodos -como ya ha sucedido en algunas regiones tropicales-, los adultos no tienen descendencia, ya que sus huevos se desecan y mueren rápidamente. A la fecha, los biólogos creen que por ésta y otras causas se han extinto 74 especies de ranas de los bosques de niebla del mundo.

Los efectos del cambio climático sobre la vida pueden observarse a distintos niveles, que incluyen respuestas de los organismos a nivel individual, en las interacciones con otras especies, en la amplitud de su distribución geográfica e, incluso, en la de los propios ecosistemas. Veremos en los siguientes párrafos algunas explicaciones y ejemplos de los efectos en cada uno de estos niveles.

A nivel fisiológico, la mayor concentración de bióxido de carbono en la atmósfera y en los océanos ha tenido consecuencias importantes en los procesos de alimentación y crecimiento de muchas especies. Algunas especies de árboles y de plantas alpinas, por ejemplo, se han beneficiado debido a que han sido capaces de absorber e integrar a sus tejidos una mayor cantidad de bióxido de carbono, lo que las ha hecho crecer más rápido. Este efecto también se ha observado en algunas de las especies de importancia agrícola, como la caña, las cuales han aumentado su productividad (Figura 18). Sin embargo los científicos aún no saben si este efecto será duradero debido a otras limitaciones que podrían restringir el crecimiento de estas especies.

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.com

Figura 17 Las ranas, los bosques de niebla y el cambio climático

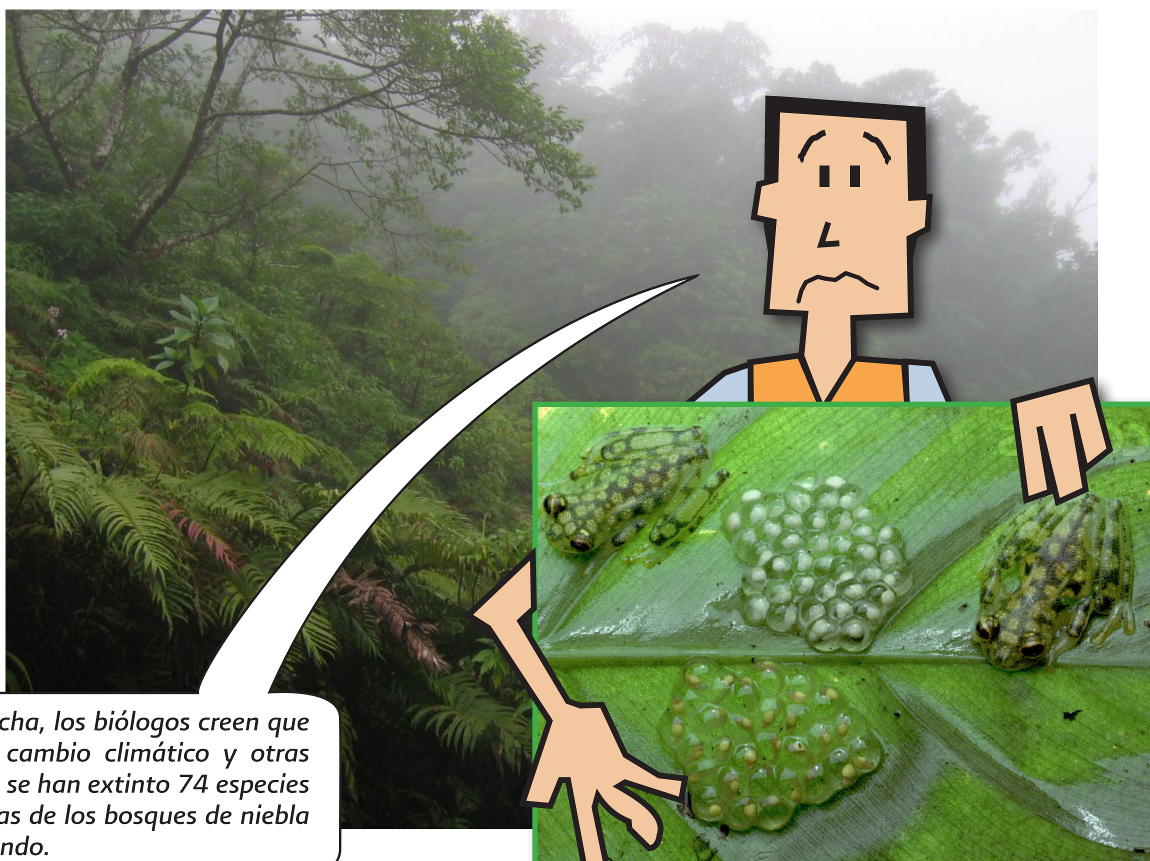


Figura 18



Algunos cultivos, como la caña de azúcar, pueden aumentar su productividad en ambientes con mayor cantidad de CO_2.

En el caso de algunas especies marinas, el efecto ha sido contrario. El bióxido de carbono de la atmósfera, al disolverse en el agua, hace que se vuelva más ácida, lo que disminuye el crecimiento de animales como los corales y los moluscos, a quienes les resulta más difícil tomar el calcio del agua para construir sus esqueletos y conchas, respectivamente. A pesar de que esta acidificación ha sido mínima a la fecha, los corales ya la han resentido y puede ser significativa sobre todo si se combina con otros factores de disturbio.

El aumento de la temperatura de los océanos también produce el llamado "blanqueamiento del coral" (Figura 19). Para entender qué es este fenómeno, debemos saber que los corales albergan en sus tejidos a ciertas algas microscópicas unicelulares, de las que obtienen nutrimentos y a las cuales ofrecen protección y desechos, que a su vez ellas utilizan como alimento.

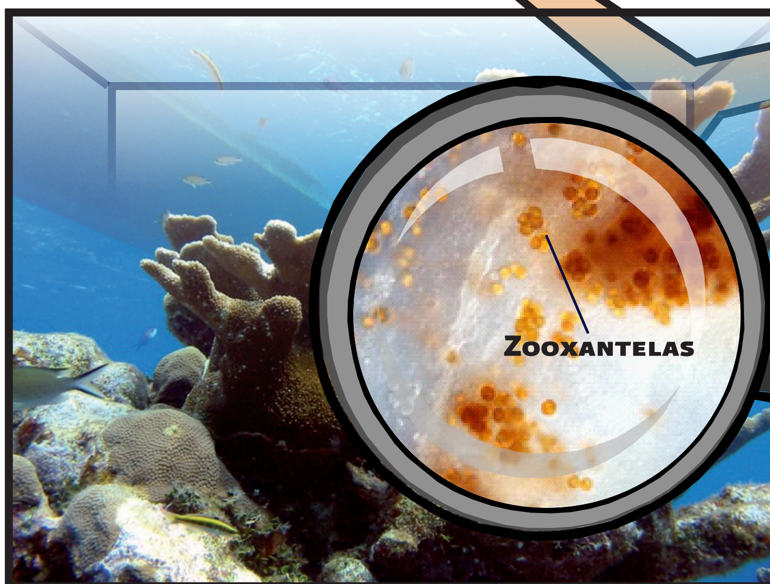
Cuando la temperatura del mar aumenta, las algas abandonan los corales, lo que los deja sin color y permite observar por debajo del tejido su blanco esqueleto de carbonato de calcio, el cual da nombre al fenómeno. El blanqueamiento puede ser revertido y los corales pueden recuperar su estado de salud si el incremento de la temperatura marina no ha sido muy alto y si otras algas entran en asociación con el coral, pero si transcurren periodos largos de altas temperaturas –con incrementos iguales o mayores a 3°C-, los corales mueren.

Figura 19

El Blanqueamiento de los arrecifes de coral

Las zooxantelas son algas microscópicas que viven en los tejidos de los corales. Cuando la temperatura del agua de mar sube, las algas abandonan el coral y lo dejan sin color, produciendo el llamado "blanqueamiento del coral".



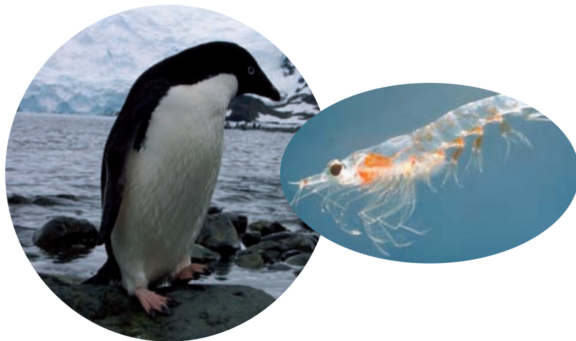




Los cambios en la temperatura del océano también hacen que otros animales no encuentren su alimento en cantidad suficiente. Por ejemplo, una población de pingüinos Adelia en Antártica (Figura 20) se redujo en tan sólo 15 años (entre 1990 y 2004) de 320 parejas con crías a sólo 54, en un sitio donde la temperatura promedio se había incrementado 5.5°C en cincuenta años. La reducción tan drástica en el número de parejas parece estar asociada con la migración del "krill"[5], su alimento principal, hacia zonas sureñas más frías y alejadas a las cuales los pingüinos llegan con mucha dificultad. Sin embargo, uno de los ejemplos más sobresalientes de las consecuencias de la disminución de alimento es el de los osos polares, cuyo caso te describimos en el ***Recuadro Nanuk, el oso polar***.

Figura 20

La cadena alimenticia de los pingüinos Adelia



La población de los pingüinos Adelia se redujo por la migración de su principal alimento, el krill.

El cambio climático afecta a muchas especies en sus procesos estacionales como son la floración de las plantas, las migraciones de las aves y la aparición de las primeras hojas de los árboles en la primavera. Se ha encontrado que ciertas especies de aves migratorias en el Reino Unido han tendido a adelantar las fechas de su reproducción y han cambiado su distribución geográfica como resultado de los inviernos más cálidos que se viven en la isla. Al otro lado del Atlántico, en Norteamérica, otro estudio encontró que seis especies de aves también han adelantado la fecha en la que ponen sus huevos como respuesta al incremento de temperatura en la primavera. Un ejemplo detallado de este tipo de alteraciones en las aves y sus consecuencias se encuentra en el ***Recuadro ¿Dónde está mi oruga?***

Como respuesta a los cambios en algunas variables ambientales, los organismos de ciertas especies se han desplazado hacia nuevos sitios con características ambientales similares a las que poseían sus hábitats naturales. En consecuencia, sus distribuciones geográficas no son las mismas que los científicos conocieron hace 50 años. Por ejemplo, la Pika americana (Figura 21), un pariente del conejo, redujo su área de distribución en las zonas montañosas de Norteamérica, mientras que otras, por el contrario, la han ampliado, como en el caso de muchas plagas forestales (Figura 22). Estos cambios han sido observados en todos los continentes, en las regiones polares y en casi todos los grupos taxonómicos, incluyendo plantas, insectos, anfibios, aves y mamíferos. No obstante, debe mencionarse que no todas las especies tienen la capacidad de desplazarse hacia nuevos sitios para evitar los efectos del cambio climático. Esto quiere decir que, en caso de no poder adaptarse localmente a las nuevas condiciones, podrían extinguirse en el mediano o largo plazo.

Figura 21

Pika americana



La Pika americana, pariente de los conejos, ha reducido su área de distribución en las zonas montañosas de Norteamérica por el cambio climático.

[5]Este es el nombre que reciben un conjunto de crustáceos marinos parecidos a los camarones que son muy importantes como alimento de muchas especies marinas y que están en la base de la cadena alimenticia.

Nanuk, el oso polar



Para los Inuit –a quienes la mayoría de nosotros conocemos como esquimales-, el oso polar, "Nanuk", es su pieza de caza más preciada, lo consideran "sabio, poderoso, casi hombre". Ahora, este carismático animal es una de las víctimas más famosas del cambio climático global.

Los osos polares son los mamíferos más grandes del círculo polar ártico. Aunque se desconoce con precisión cuántos de ellos existen en la actualidad, diversos estudios calculan que entre 20 mil y 25 mil habitan las tierras más boreales de Canadá, Alaska, Groenlandia, Noruega y Rusia. Tan sólo en Canadá se calcula que vive el 60% del total de los osos polares.

Durante los años sesenta y principios de los setenta, la mayor amenaza para estos osos fue la cacería, hasta que en 1973 se frenó como resultado de la firma, en Oslo, Noruega, del Acuerdo Internacional para la Conservación del Oso Polar. Actualmente, aunque los osos se han quitado de encima a los cazadores, tienen al calentamiento global como la mayor amenaza para su supervivencia.

Para los osos polares las plataformas de hielo son indispensables para obtener su alimento, reproducirse y establecer sus madrigueras. En ellas cazan a las focas anilladas y barbadas que constituyen los principales elementos de su dieta, aunque también pueden alimentarse de ballenas blancas y morsas. Sin embargo, conforme las temperaturas del Ártico han aumentado en las últimas décadas, las plataformas de hielo se han adelgazado y disminuido su extensión: tan sólo en el verano de 2008 se calcula que la pérdida de hielo fue casi equivalente al 90% de la superficie de México. Con la pérdida del hielo a los osos se les dificulta cazar su alimento, por lo que no acumulan suficientes reservas de grasa para el invierno, sufren de desnutrición y, más grave aún, no pueden alimentar adecuadamente a sus crías, todo lo cual se traduce en

Nanuk, el oso polar (conclusión)



1962



2007



2010 - 2030



2040 - 2060



2070 - 2090

una mayor mortalidad. Los científicos calculan que por este motivo, la población de osos del oeste de la Bahía de Hudson, en Canadá, ha disminuido 22% desde el inicio de los años ochenta. En otros casos, la desaparición del hielo ha obligado a estos buenos nadadores a hacerse a la mar en la búsqueda de plataformas de hielo donde cazar. Sin embargo, las distancias pueden ser tan grandes que los animales se ahogan antes de encontrar una nueva plataforma.

Actualmente, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) considera que de las 19 poblaciones de osos polares existentes, cinco de ellas se están reduciendo, cinco se encuentran estables, dos crecen y de las restantes siete no se tienen datos suficientes para establecer su estado. Sin embargo, de seguir aumentando el calentamiento del Ártico, tal vez el oso polar no pueda sobrevivir. Los pronósticos sugieren que en los próximos cincuenta años el hielo en el verano se reducirá en 60% (ver mapas de la figura). Aunque los animales han migrado hacia las zonas firmes del continente, quedan dudas acerca de si serán capaces de cambiar sus hábitos alimenticios en función de sus posibles nuevos hábitats.



¿Dónde está mi oruga?

Recuadro



En los ecosistemas naturales es ley que unas especies sean el alimento de otras. Prueba de ello son los salmones y los osos en los ríos de Alaska, las cebras y los leones en las sabanas africanas y las orugas de las mariposas y las aves en muchos lugares del mundo. Después de muchas generaciones, algunas especies han sincronizado sus relojes biológicos para explotar a sus presas en momentos importantes de sus ciclos de vida. Para los osos pardos, por ejemplo, la migración de los salmones a sus sitios de desove sirve para surtir sus reservas de grasa justo antes del invierno; y para muchas aves, las orugas salen de sus huevos precisamente en el tiempo en que más alimento requieren para sus crías. Y es justamente en este último caso que el cambio climático se ha encargado de jugarle una mala pasada, en Holanda, a un ave conocida como "mosquero".

En la década de los ochenta, entre mediados de abril y mayo, arribaban los mosqueros (*Ficedula hypoleuca*) para reproducirse. Para inicios de junio, el número de polluelos recién nacidos en los nidos estaba en su pico máximo (ver Figura), y su alimentación era relativamente sencilla para sus padres puesto que por esas mismas fechas se presentaba también la mayor salida de orugas de sus huevos. Con ello, los polluelos tenían a su disposición una constante provisión de alimento. Sin embargo, veinte años después, el aumento de la temperatura ya había ocasionado que las orugas salieran de sus huevos alrededor de quince días antes de lo habitual, con lo cual la provisión de orugas para el gran número de polluelos nacidos a inicios de junio era menor. Debido a este desfasamiento un gran número de pollos no pudieron ser alimentados por sus padres y murieron, con graves consecuencias para la población. Como resultado del cambio en el clima, el balance para el mosquero fue que en tan sólo dos décadas sus poblaciones disminuyeron alrededor de 90%.

Efectos del cambio climático en el mosquero

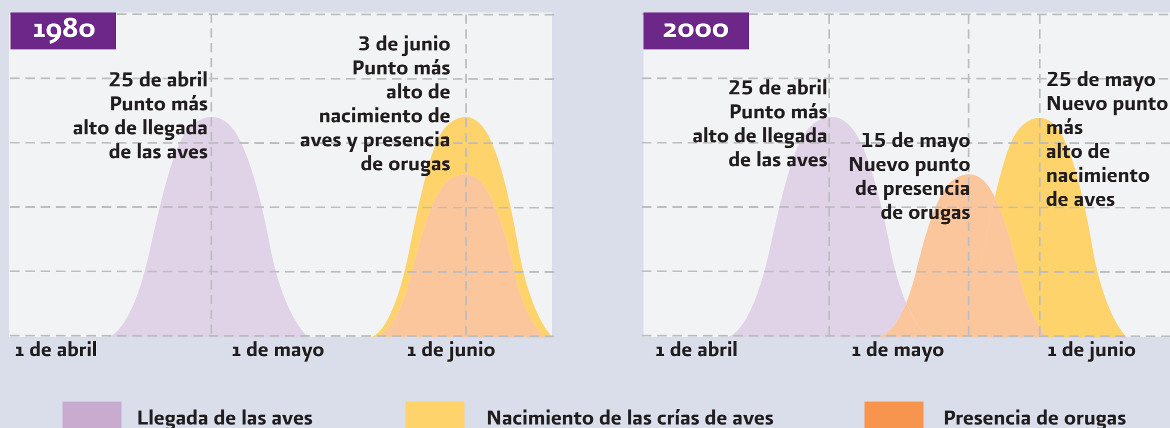


Figura 22

Plagas forestales y el cambio climático





Los barrenillos del abeto son dos especies de plagas forestales que se han extendido en los bosques de Europa por efecto del cambio climático.





Ejemplo de daños que causan a los árboles los barrenillos del abeto.

Finalmente, a nivel de los ecosistemas las respuestas al cambio de las variables ambientales empiezan a ser notables. El reemplazo de ecosistemas enteros por otros diferentes ha ocurrido en algunos lugares del globo. Por ejemplo, un estudio reciente mostró que los pastizales de alta montaña de una localidad en el centro de España habían sido sustituidos, entre 1957 y 1991, por matorrales de juníperos -árboles parientes de los pinos- de zonas más calientes, a la par que los registros climáticos indicaban temperaturas en la zona cada vez más altas. Al otro lado del Atlántico, en Alaska, algunos bosques boreales se transformaron en humedales por el efecto del descongelamiento del agua que, antes de la elevación de las temperaturas, se mantenía congelada y formaba parte de un tipo de suelo al que se denomina técnicamente permafrost.

En otros casos, como el de los arrecifes de coral, el incremento de la temperatura y la acidificación del océano han traído consigo su degradación. Las altas temperaturas del año 1998, que será recordado como uno de los más calientes en el mundo, ocasionaron que alrededor del 16% de los arrecifes del mundo sufrieran del fenómeno de blanqueamiento o murieran. En algunas regiones el efecto fue más severo: en el Océano Índico, por ejemplo, se decoloró 46% de los arrecifes coralinos, mientras que en el Pacífico mexicano se registró una mortalidad de corales que fluctuó entre el 18 y 70%. Las altas temperaturas del mar dejan como consecuencia arrecifes degradados, empobrecidos en especies de coral y de todas aquéllas que dependen de ellos, es decir, peces, crustáceos y moluscos, entre otros animales. Por lo sensibles que son al incremento de la temperatura y la acidificación de los mares, se considera a los arrecifes de coral como uno de los ecosistemas más vulnerables al cambio climático.

¿Debe preocuparnos la pérdida de biodiversidad provocada por el cambio climático?

Piensa un instante de dónde vienen los alimentos que consumen tú y tu familia diariamente, o de dónde se extrajeron los materiales de los que está hecha tu ropa, y tus muebles. Rápidamente podrás darte cuenta que la gran mayoría proviene de especies de plantas y animales que constituyen la biodiversidad.

Hay muchos otros servicios que la biodiversidad nos otorga y que quizá no conozcas. Por ejemplo, la vegetación natural captura parte del bióxido de carbono emitido por los vehículos e industrias, lo que ayuda a la reducción de la concentración de GEI en la atmósfera y, por tanto, al efecto de calentamiento global del planeta. Otros ejemplos de servicios ambientales son la regulación del clima local, la captación y el mantenimiento de la calidad del agua, el control de las plagas y enfermedades, la descomposición de los residuos que producimos, la formación y la fertilidad de los suelos y la polinización de los cultivos que realizan las abejas, mariposas, murciélagos y otros animales.

La pérdida de la biodiversidad, ya sea debida al cambio climático, o a su efecto combinado con el de la deforestación, la sobreexplotación de los recursos o la contaminación, entre otros, puede tener efectos negativos muy importantes para nuestra sociedad, debido básicamente a la pérdida de los servicios ambientales que nos brindan los ecosistemas de manera gratuita. Incluso, es probable que se pierda también la capacidad propia que tienen los ecosistemas para regular el clima, como en el caso de los bosques y las selvas (te sugerimos leer el ***Recuadro El Amazonas: una fuente agotable de buen clima***, para más detalles respecto a este tema).

El Amazonas: una fuente agotable de buen clima

Recuadro

El Amazonas es el sitio que muchas personas imaginan cuando se les habla de selvas tropicales. Este inmenso ecosistema sudamericano es el remanente de selva más importante del mundo, con una riqueza de especies de plantas y animales sin igual.



Sin embargo, como la mayoría de las selvas del planeta, está seriamente amenazada. La deforestación ha provocado que se hayan perdido tan sólo en Brasil, entre 1988 y 2008, poco más de 37 millones de hectáreas, es decir, una superficie equivalente al 20% de nuestro país. Además de la pérdida de la vegetación, la deforestación produce gases de efecto invernadero, principalmente por el uso del fuego. En el caso del Amazonas, la emisión de CO_2 asociada a la deforestación se calcula entre el 5 y 10% de las emisiones globales según un reporte publicado por la *Royal Society* de la Gran Bretaña. Sin embargo, con la reducción de la vegetación también se pierde la capacidad que tiene la selva para regular el clima.

El Amazonas: una fuente agotable de buen clima (conclusión)



¿Y cómo participa el Amazonas en la regulación del clima? La explicación la podremos encontrar si examinamos el movimiento del agua en estos ecosistemas. Pues bien, del agua que absorben las plantas, una parte sale a través de las hojas por unos diminutos poros conocidos como estomas. El agua que escapa de las miles y miles de hojas, y de las miles y miles de plantas que viven en esta selva es la que produce esa agobiante sensación de humedad ambiental que la caracteriza. Tan sólo en el Amazonas se calcula que los árboles aportan a la atmósfera más de 8 trillones de metros cúbicos de agua a través este fenómeno, lo cual forma las nubes que se transforman en los aguaceros que, además de regar la selva, llegan a lugares tan lejanos como la región andina. Los científicos calculan que entre el 50 y 80% de la humedad ambiental en esta selva se mantiene circulando ininterrumpidamente entre el suelo, la vegetación y la atmósfera, sin demasiada influencia de la humedad proveniente del mar. Este mecanismo hace que, tanto en las selvas como en otros ecosistemas, la humedad del ambiente –y con ello otras variables ambientales- se regulen parcialmente por la vegetación. Por todo ello, las plantas y los ecosistemas son elementos importantes para regular el clima local y regional.

Obviamente, cuando se eliminan árboles y plantas por la deforestación, todo ese vapor de agua que solía estar en el aire se pierde, y con ello también se reduce la lluvia que se formaba a partir de la humedad ambiental. ¿Y qué tenemos entonces como resultado? En efecto, un ambiente más seco. Y es justamente eso lo que predicen los climatólogos para el Amazonas. De acuerdo con ellos, amplias zonas de Sudamérica podrían sufrir de temperaturas cada vez mayores y menores lluvias con el cambio climático, los que al sumarse a la deforestación incrementarán el efecto de la sequía. Incluso algunos científicos han pronosticado que con estos dos factores actuando simultáneamente, amplias zonas cambiarán de selvas a sabanas, es decir, ecosistemas más secos y pobres en biodiversidad. De ser así, Sudamérica y el planeta entero no sólo habrán perdido una significativa superficie de uno de los ecosistemas más ricos y fascinantes del planeta, junto a una riqueza de recursos naturales y servicios ambientales imposibles de sustituir, sino también uno de los reguladores del clima regional y mundial más importantes.

¿Te imaginas cuánto dinero tendríamos que invertir, con la tecnología que poseemos, para reproducir –en caso de poder hacerlo- los servicios y bienes ambientales que nos ofrece la naturaleza? Los valores calculados para ello te dejarán, sin duda, con la boca abierta: el valor de los servicios ambientales de los ecosistemas globales podría rondar entre los 16 y los 54 trillones de dólares anuales –un 16 o 54 seguido por 18 ceros– una cantidad de dinero tan grande que equivaldría a cerca de 25 y 83% respectivamente del total de productos que se venden en el mundo en un año. Lo peor del caso es que algunos servicios, una vez que se han perdido, ni con dinero podrían reponerse. Con ello, podrás darte cuenta de que, por sus efectos adversos en los ecosistemas y en la provisión de sus servicios ambientales, el cambio climático puede afectar nuestras vidas.

¿Cómo sería el futuro con cambio climático?

Si eres de esas personas que cuando anuncian que va a llover sale con paraguas, esta sección es para ti. Y si tú eres de los escépticos, no te la saltes, intentaremos convencerte de que los pronósticos sobre el cambio climático son confiables, ya que hay suficiente evidencia científica que los respalda. En cualquier caso, si tienes curiosidad acerca del clima del mundo del futuro, ese en el que te tocará vivir el resto de tus días o en el que vivirán tus hijos y nietos, entonces una mirada a las predicciones que han hecho los científicos te servirá.

El clima es un fenómeno tan complejo y en el cual intervienen tantos factores, que es difícil esperar una certeza absoluta en su pronóstico. Lo anterior no quiere decir que no debas creer en los pronósticos que hacen los científicos encargados de estudiar el clima y sus cambios, sino que sepas que sus resultados son confiables con cierto grado de incertidumbre. No obstante, predecir las características generales del clima futuro es factible, útil y necesario.

Desde que los científicos se dieron cuenta de que la temperatura promedio de la superficie del planeta podría alterarse por el cambio en la concentración atmosférica de los GEI, comenzaron a hacer cálculos. Les interesaba saber, básicamente, qué temperaturas podrían alcanzarse en la Tierra con ciertas concentraciones de bióxido de carbono en la atmósfera. Las ecuaciones matemáticas que ocupaban eran relativamente sencillas al principio –esto fue hace casi 110 años-, tanto por el poco conocimiento que tenían de cómo funcionaba el clima, como por la dificultad de hacer muchas operaciones en una época en la que no existían las computadoras. Conforme pasó el tiempo, las ecuaciones fueron complicándose más e incluyeron nuevas variables que también se consideraron importantes, y que permitieron "simular" de mejor manera y en super computadoras, el comportamiento del sistema climático global. Sus resultados han ayudado a entender qué consecuencias podrían derivarse del aumento de los gases de efecto invernadero en nuestra atmósfera, y con ello desarrollar distintos escenarios, entre los que destacan los realizados por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). En México también se han hecho esfuerzos para generar posibles escenarios y, aunque aún están en fase de desarrollo y mejoramiento, las predicciones nacionales van muchas veces de la mano con las mundiales.

En el mundo

En 2007 el IPCC presentó su Cuarto Informe de Evaluación, cuyas conclusiones son muy preocupantes. Se plantea que de seguir la tendencia actual en la emisión de los gases de efecto invernadero, en el año 2100 la concentración global de CO_2 podría ser de entre 540 y 970 partes por millón. Para poner este dato en perspectiva, recuerda que la concentración actual es de 385 y en la época preindustrial era de tan sólo 280 partes por millón.